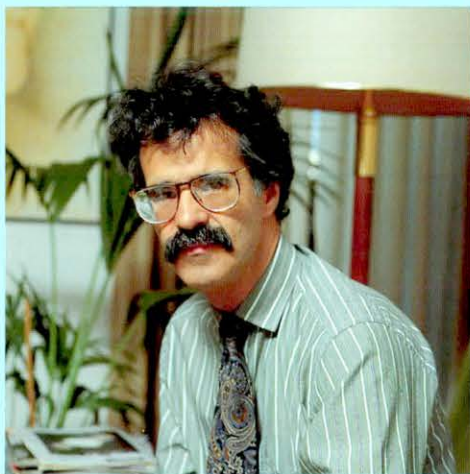


## Entrevista amb Josep Tarradellas

Enginyer químic, catedràtic d'Ecotoxicologia a l'Escola Politècnica de Lausana (Suïssa)



*«Els problemes dels organoclorats són més d'ecologia global que de toxicitat humana»*

*Sovint es pensa en els productes organoclorats com a substàncies tòxiques per a l'home. Però tal com assenyala el doctor Tarradellas, cal tenir en compte l'impacte que aquests compostos tenen en tot l'ecosistema. En aquesta entrevista, Josep Tarradellas analitza la producció de dioxines i PCB i els problemes ambientals que creen.*

**Per què el clor és tan utilitzat?  
Quines característiques el fan  
entrar en tants compostos?**

**El clor té una imatge dolenta,  
però també té una imatge  
bona: entra en la composició  
del lleixiu i en la potabilització  
d'aigües. És imprescindible el  
clor?**

**Quan es pren consciència dels  
problemes ambientals del  
clor?**

Hi ha moltes raons. La primera és que és un element amb presència a la sal i això ha fet que moltes indústries químiques comencessin per treballar amb el clor. La indústria química suïssa, que és molt important, va començar amb mines de sal, de clorur de sodi, i al seu voltant es va formar tota una química, amb un element senzill de treballar. Una altra és que és un halogen i per això té gran reactivitat i es pot processar senzillament. Aquestes són raons històriques i químiques. S'ha de dir que aquesta facilitat per obtenir-lo i el fet que s'hagi utilitzat tant ha originat molts treballs sobre aquest element. Com a halogen, no té la lleugeresa del fluor ni és tan pesant com el brom i és senzill d'utilitzar. A finals del segle passat varen sorgir molts procediments per utilitzar-lo.

D'entrada, la vida necessita sal i la sal és clorur de sodi. El clor també ha de tenir una bona imatge respecte a la neteja, la cloració d'aigües, el lleixiu, etc. Penso que la mala imatge del clor té diferents raons. S'han fet certs productes, com per exemple el DDT, que han comportat aquesta mala imatge; durant els anys seixanta i setanta, la gran quantitat de clorur de polivinil (PVC) que es va cremar als incineradors ha portat àcid clorhídric a l'aire, i el clorur de vinil monomèric també és tòxic. Tot això ha creat la mala imatge.

Al meu parer, la consciència del clor sorgeix amb el DDT. Però no és molt clar com ha aparegut el problema del DDT. El balanç del DDT és més positiu que negatiu. A mitjan dels anys cinquanta i seixanta quasi s'havia pogut controlar la malària a alguns països, com l'Índia, gràcies al DDT. Però van sorgir dos elements, a finals dels seixanta. El primer era el desenvolupament de resistència per part dels insectes, que va semblar una conseqüència únicament del DDT. Això no és cert, perquè ara sabem que tots els productes químics fan aparèixer resistència en els insectes. Un producte que es pensava que no desenvoluparia resistència eren les piretroides —insecticides obtinguts a partir de plantes del gènere piretre—, que són productes quasi naturals. Però també produeixen resistència en els insectes. Això vol dir que és un fenomen general de defensa de l'espècie enfront d'un nou producte. La segona raó és que no interessava, en aquell moment, que el DDT tingués una bona imatge, perquè amb la mala imatge es podien promoure productes de substitució. Això és més difícil de comprovar, però és probable. La bioacumulació del DDT va posar en perill certes espècies animals. En particular, quan el DDT arribava als ous d'ocells, feia que el clor reaccionés amb el calci i es fragilitzava la clova.

El segon fenomen, més interessant, és que això va sorgir quan els progressos de la química analítica eren molt grans i va aparèixer un detector —de captura d'electrons— que és molt sensible als productes electròfils, com els halogenats. En aquella època, la sensibilitat dels aparells de mesura va augmentar molt, en un factor de mil o deu mil. Per això vàrem poder mesurar el contingut d'organoclorats a l'ambient en concentracions molt més fines. Dins la gamma d'organoclorats es podien analitzar les traces en animals i sediments. A finals dels anys seixanta i començaments dels setanta es varen poder detectar tots els organoclorats a quasi totes les mostres ambientals. Va arribar un moment que al Pol Nord es detectaven organoclorats, perquè es podia trobar en concentracions molt baixes. En química ambiental només es veu allò que es busca. Si es té un aparell de mesura amb una gran sensibilitat, els investigadors es posen a buscar el compost, per-



**Són greus les conseqüències de la proliferació de tots aquests compostos?**

**Quins són aquests efectes?**

**Com podem establir, en el terreny molecular, la toxicitat del clor?**

**Es pot realitzar una síntesi selectiva per obtenir només els menys tòxics?**

què és fàcil de fer-ho. I, en canvi, altres productes no s'analitzen tan senzillament. Això passa amb el paraquat, que és difícil d'analitzar i per això no es busca tant. La desgràcia dels organoclorats és que es varen inventar aquests aparells que els detectaven a petites concentracions i el món científic s'hi va abocar. Va sorgir el problema del DDT, dels PCB —bifenils policlorats—, de les dioxines, dels clorofenols, etc.

La presència d'organoclorats al medi ambient no té la gravetat que pot tenir la presència d'altres substàncies, com els hidrocarburs cancerígens per a l'home. Però té efectes sobre la vida salvatge, que poden ser molt més greus que els d'altres productes. El problema dels organoclorats és més d'ecologia global que de toxicitat humana. Les concentracions poden arribar a ser greus per a l'home, però en general els problemes dels organoclorats estan lligats a la desaparició d'espècies animals. Això posa dificultats a la protecció, perquè moltes lleis estan fetes al voltant de l'home i no per als animals. Els organoclorats han provocat problemes a quasi totes les espècies i ocells superiors. Molts problemes ambientals a Europa es deuen a acumulacions d'organoclorats.

Aquests organoclorats no són solubles en aigua, però sí en greixos. Per això, afecten la vida animal i no la vegetal. És la bioacumulació la que fa que hi hagi prou concentració per tenir uns efectes tòxics. Quan hi ha aquest efecte d'acumulació, actuen sobre diferents parts de l'organisme, però particularment sobre les funcions reproductives, a molts nivells. També tenen efectes més ràpids, com ara el cloracne en accidents greus. Aquests tenen transcendència, però no són el problema principal a nivell ambiental. Hi ha espècies que desapareixen, com el mussol, que a molts llocs d'Europa té problemes de supervivència. Una altra és el falcó, que quasi ha desaparegut a Suïssa a causa dels PCB.

És un problema de geografia de la molècula. Si tenim una molècula de PCB, hi ha dos cicles benzènics units per un enllaç senzill. Si substituïm hidrògens per un clor, l'efecte no serà el mateix si aquest es troba en un lloc o en un altre. Un àtom de clor és bastant gran. Si es troba vora l'enllaç que uneix els dos anells, aquests no tindran gaire mobilitat. Però si la substitució es fa en un altre punt més allunyat, l'eix pot continuar girant i això dóna molta més mobilitat a la molècula i es podrà transferir més senzillament als centres vitals dels organismes. Per això, aquesta molècula serà més tòxica que l'anterior. Als organoclorats l'important és el lloc on es troba el clor.

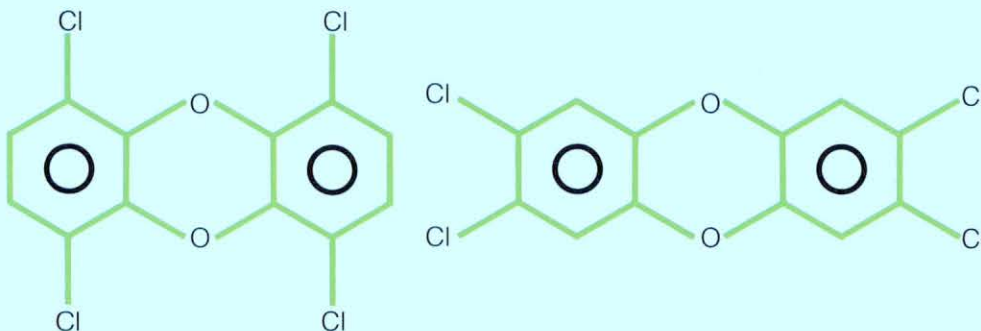
El problema és que en general els PCB o les dioxines no surten sols, sinó que apareix tota una família de congèners. De PCB, n'hi ha 209 i de dioxines, n'hi ha unes 80. Molts productes són una mescla de diversos tipus de substitucions. Dintre de les formulacions comercials hi ha molècules tòxiques i d'altres que no ho són. Però si se sintetitzessin només els productes que no són tòxics, econòmicament ja no tindria tant d'interès, perquè un dels avantatges d'aquests productes és el seu baix preu. De productes així n'hi ha molts. Hi ha els 209 PCB, el toxafè, l'hexaclorofene, les dioxines —que no s'utilitzen comercialment, però que es produeixen— i els dibenzofurans. Tots aquests productes són mescles en què hi ha molècules tòxiques.

● **Toxicitat de les molècules de PCB i dioxines**

Dos tipus de PCB. Al de la dreta, el clor permet una major rotació de l'eix que uneix tots dos anells i per això la molècula és més tòxica.



A les dioxines, els punts de substitució també marquen la toxicitat de la molècula. La de la dreta –la 2, 3, 7, 8-TCDD– és molt més tòxica.



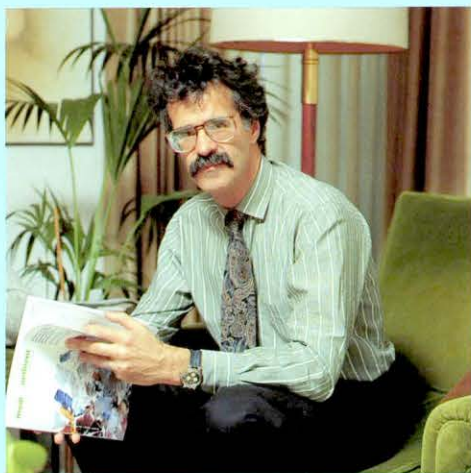
**Ens pot explicar la toxicitat de les dioxines també per la posició del clor?**

En el cas de les dioxines tenim dos anells benzènics units per dos oxígens. Si substituïm els hidrògens més propers als oxígens ens dona productes no excessivament tòxics. Però si substituïm els hidrògens del costat, tenim productes molt més tòxics, com la 2,3,7,8-tetraclorodibenzodioxina, que és el compost de Seveso. Les dioxines sorgeixen en combustions de certs productes, a baixa temperatura. És el cas de la combustió de PCB o clorofenols o una mescla de productes que tinguin fórmules benzèniques, com la lignina, en presència de sal. Certs processos de fabricació d'alguns productes poden donar, en etapes intermèdies, dioxines. És el cas de la fabricació del famós herbicida taronja utilitzat pels americans al Vietnam o la del toxafè, un bactericida per a la pell. Va ser fabricant l'hexaclorofè que va sorgir el problema de Seveso. Però les dioxines mai no es fabriquen directament, perquè no tenen una utilitat pràctica. Mentre que els PCB o el clorofenol i d'altres sí que es fabriquen.



**De què depèn que als incineradors es produeixin dioxines? Hi ha manera d'evitar que en sorgeixin?**

Per garantir que no es produeixin dioxines s'ha de fer que els productes estiguin a 1.200 graus durant deu segons. Els llocs on es pot assolir això són plantes molt específiques i a Europa només n'hi ha 3 o 4. No crec que els incineradors siguin una bona solució, encara que se n'hagin fet molts a Suïssa i a Alemanya. El problema és que cal, prèviament a la incineració, un sistema de separació, perquè si no la incineració pot ser pitjor que res. Si es posen residus industrials i domèstics, barrejats, en un reactor, en poden sorgir productes pitjors que no pas els que es posen, com dioxines o metalls pesants. La incineració només es justifica quan hi ha, prèviament, un sistema de recolecció i de tria de les deixalles. És a dir, s'ha d'estar segur que s'envia a la incineració allò que es pot cremar amb el reactor utilitzat. Si no, més val no fer-ho. El sistema que s'està intentat d'aplicar a Suïssa té en compte que, en primer lloc, no es tracta qualsevol deixalla industrial en incineradors municipals. Hi ha d'haver una separació molt clara. Només es tracten deixalles domèstiques i no pas totes. Només les de material que no es pot recuperar. Mai material recuperable, com vidre o alumini. També hi ha altres deixalles que no s'hi han de dur, com les piles, que contenen metalls pesants, i les làmpades de neó. Hi ha d'haver un sistema que permeti que el particular no faci cremar aquests materials. El segon punt és que hi hagi a tots els centres importants un lloc on els industrials portin les seves deixalles. Allà hi ha sistemes de tria segons les necessitats. Així sí que es pot entendre l'incinerador. Només així.





**Alguns estudis recents sobre les dioxines semblen revisar el risc que, fins ara, se suposava que tenien per a la salut humana. Són menys nocives del que es creia?**

**S'ha analitzat la llet de vaques que pasturen vora d'incineradors?**

**Per què a Seveso no s'han vist més casos de càncer dels estadísticament probables?**

Hi ha fets objectius i d'altres de prospectius. Els objectius són els següents. Aquests productes es bioacumulen, com tots els organoclorats, i poden arribar a altes concentracions, que poden ser causa de toxicitat, fins i tot si el producte és poc tòxic. I s'acumulen, en particular, a la llet. Un producte amb capacitat de bioacumulació és sospitos d'entrada. Ara, pel que fa a la toxicitat de les dioxines, està claríssim que la por que han produït es deu a dos factors. El primer és la guerra del Vietnam. El defoliant taronja tenia un gran contingut en dioxines i ha provocat els problemes que coneixem. Encara avui hi ha sòls, al Vietnam, que tenen una gran concentració en dioxines i no hi creix res. D'altra banda, s'han fet estudis de toxicitat basats en la inducció enzimàtica, és a dir, estudiar l'efecte del producte químic sobre un sistema enzimàtic. El producte que dóna a més baixa concentració una major inducció enzimàtica és la 2,3,7,8-TCDD. Ara, és molt difícil establir el nivell exacte de toxicitat. Possiblement la dioxina no sigui, sota certs criteris, el diable terrible que s'ha dit. Ara, la dioxina es bioacumula i té, per culpa d'això, una toxicitat potencial suficient per dir que és un dels productes més perillosos que hi ha. La dioxina és bioacumulable i liposoluble i s'ha de fer tot el possible perquè no s'acumuli a la llet, tot i que tingui una toxicitat més baixa.

En general, s'hi detecta una mica del famós 2,3,7,8-TCDD i del compost 8 substitut. La presència de dioxines dintre dels incineradors pot portar una toxicitat semblant a la dels PCB. Particularment, s'ha d'anar en compte quan s'utilitzen deixalles com adobs dels camps. Aquests adobs poden passar, si són menjats per les vaques, a la llet. Fins ara no n'he vist però el control d'aquests productes a Alemanya és molt estricte per aquies risc.

En primer lloc, trobo que és positiu que no s'hagin produït més casos de càncer. A Seveso, d'altra banda, la gent va estar poc tocada. Només van ser tocats per les dioxines els nens que jugaven a fora. La dioxina va caure a la gespa, a les fulles, als sostres de les cases. Aquestes criatures que jugaven a fora varen tenir força cloracne. I també van quedar tocats els animals, que van morir tots. Per això és difícil de fer una relació dosi-efecte. Als sis o set joves que varen tenir cloracne se'ls ha de seguir durant la seva vida. D'altra banda, el fet que sis persones hagin estat en contacte amb la dioxina tampoc no és estadísticament significatiu. El que hauria estat interessant de seguir és el cas del Vietnam. Va ser seguit de forma molt precisa mentre els americans hi eren. Des que els americans varen marxar, ja no hi ha hagut més estudis. Però ho repeteixo, tot i que els organoclorats porten molts disturbis, a nivell de reproducció i de funcionament del feto, els problemes que produeixen afecten molt més la vida animal que els homes. Els PCB difícilment han portat problemes a l'home. Hi ha estudis que assenyalen que els homes més afectats pels PCB tenien una taxa de fertilitat més baixa. Però no hi ha hagut mai, tret d'un accident greu al Japó, un gran problema amb els PCB. I, en canvi, són responsables de la desaparició d'algunes espècies animals, com un peix específic dels llacs alpins i un petit mamífer d'aigua. Han desaparegut per l'alta concentració de PCB. És a dir, que no ens hem de preocupar només dels contaminants perillosos per a l'home, sinó també dels que ho són per als animals.



**També s'han publicat estudis recents al «New England Journal of Medicine» que assenyalen un risc menor en humans per les dioxines. I a alguns països, com Alemanya, s'han revisat, a la baixa, els límits tolerables de dioxines. Què ens en pot dir?**

**A aquests països els costa afrontar el cost econòmic de la substitució?**

**Com es pot afrontar l'eliminació de les deixalles de productes clorats?**

**Representa un problema la utilització de clor per desinfectar l'aigua?**

Els estudis recents són toxicològics. I l'ecotoxicologia és diferent, perquè considera el decurs del contaminant en el medi ambient. A alguns països es revisen a la baixa els límits de dioxines permesos. Hi ha diferents raons per fer-ho. Les concentracions de dioxina que es varen dictar eren tan baixes que els aparells no permetien verificar-les. També és cert que es va tenir molta por a la dioxina en algun moment i es van posar límits molt baixos. Em sembla bé que es posin límits baixos i després es revisi. Crec que és una bona manera de fer.

Amb els PCB passa al revés. I això està justificat per dues raons. Als països on s'ha utilitzat PCB, se n'han fet servir grans quantitats. La segona és que, al contrari que amb les dioxines, la toxicitat dels PCB sembla més alta del que es pensava. Fins i tot pot ser que siguin més tòxics que les dioxines. El problema amb els PCB és de mercat internacional. Normalment, han d'estar controlats als països desenvolupats. Des dels anys setanta, l'OCDE va demanar als països membres que controlessin la fabricació de PCB. Les grans indústries químiques que tenien PCB, com Monsanto o Rhône-Poulenc, han aturat la fabricació. Actualment, la producció mundial encara és la meitat del que era al moment més àlgid, entre 1968 i 1970. Encara es fabriquen unes 20.000 tones l'any. És un producte molt interessant amb moltes aplicacions: circuits hidràulics, elèctrics, estabilitzadors de vernissos, pintures, etc. Si es vol trobar PCB es pot agafar un quadre envernissat a l'Extrem Orient i es veurà que el nivell de PCB és molt alt. Els països desenvolupats han controlat el problema de la producció, però no la utilització en altres països.

Sí, però també se'ls pot ajudar donant-los una bona tecnologia. Existeix el mateix problema amb els CFC —clorofluorocarburs. A nosaltres, substituir els CFC no ens costa gaire. El problema és que ho facin els països subdesenvolupats, per als quals tindrà un cost més alt.

Els països han de posar els mitjans per eliminar els residus. A cada país hi hauria d'haver almenys una instal·lació prou preparada. I com més instal·lacions hi hagi, serà més barat, perquè hi haurà menys despeses de transport. Si no ho fem així, anirem generant residus perillosos, sense sortida.

Aquest clor, si no acaba en clorur, segueix el cicle normal. Potser una cosa que no es té prou en compte és el procés de formació de cloramines en piscines. S'hauria d'evitar la formació de cloramines. En aigües potables, quan l'aigua que s'utilitza abans de la cloració no és prou neta des del punt de vista orgànic, pot haver-hi problemes. S'hauria de clorar una aigua totalment neta. De vegades, es cloren les aigües quan encara no són prou netes.

**Com es troba actualment la legislació ambiental sobre productes clorats?**

A Suïssa tenim una legislació molt controlada sobre els olis de tot tipus. Això és perquè quasi tots els organoclorats estan concentrats als olis, ja sia per instal·lacions elèctriques o hidràuliques. El 90 % dels organoclorats estan en forma d'oli. Qualsevol producte en forma d'oli pateix una legislació molt severa. Si el producte conté més de 500 ppm —parts per milió— d'organoclorats, ha de ser destruït en instal·lacions especials. Si el producte conté entre 1 i 500 ppm d'organoclorats ha de ser cremat en una instal·lació normal, però no pot ser reciclat. I només els que tenen menys d'1 ppm poden ser reciclats.

En aquest camp, la Divisió del Medi Ambient de Brussel·les, que té una consciència molt clara d'aquests problemes, sap agafar el que hi ha de bo als diferents països. La legislació de Brussel·les sobre toxicitat ambiental de productes químics és la millor que existeix, fins i tot millor que la de l'EPA (*Environmental Protection Agency*) dels Estats Units. Ara bé, després depèn de l'aplicació que en faci cada país. Sigui com sigui, la legislació de Brussel·les és una base molt bona.

**Seria interessant que a Catalunya es fes l'especialitat d'ecotoxicologia?**

L'únic que sé és que a Palma de Mallorca, des de fa dos anys, fan un curs de postgrau on s'imparteix ecotoxicologia que està molt al dia. També, treballem molt amb el CID (Centre d'Investigació i Desenvolupament), que investiga sobre química ambiental.

**No s'ha plantejat mai venir a Catalunya a treballar?**

El meu equip és a Suïssa, però crec que les fronteres, en el futur, i sobretot parlant de medi ambient, no seran gaire importants. Fem estudis conjunts i jo faig cursos a Palma. El futur no raurà tant a tenir un senyor en un lloc o un altre, sinó que raurà en les relacions. Cal que investigadors catalans vagin a Suïssa i que d'altres de suïssos vinguin aquí ●

**Xavier Duran**